

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-308828

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl.

H02K 19/10

H02K 1/24

(21)Application number : 10-114885

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 24.04.1998

(72)Inventor : TANAKA SHOZO

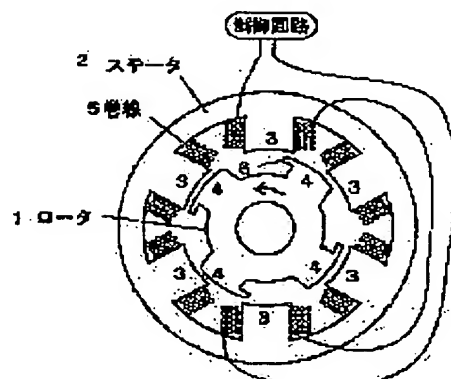
OCHI OSAMU

## (54) SWITCHED RELUCTANCE MOTOR AND ITS CONTROL METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To concentrate magnetic flux flowing into a rotor-side wall surface on the side surfaces of a protrusion when a salient rotor pole begins to face a salient stator pole, to increase magnetic flux flowing-in in the peripheral direction, and to increase the torque and efficiency, by forming a protrusion stretching in a rotating side peripheral direction and having a plane at its rotating side end, at the tip of each salient rotor pole.

**SOLUTION:** A reluctance motor rotates by switching-controlling current flow into exciting windings 5 wound on salient stator poles 3 according to the positional relation between the rotor 1 and the stator 2. Here, a protrusion 6 extending in a rotating peripheral direction is provided at the tip of each salient rotor pole 4, and its tip is formed into a plane. And magnetic flux, which is generated by current flow into the exciting windings 5 when a salient rotor pole 4 begins to face a salient stator pole 3 by the rotation of the rotor 1, and flows into the wall surface of each salient rotor pole 4 from a salient stator pole 3 through an air gap, is concentrated on the protrusion 6. Consequently, it becomes possible to increase the peripheral-direction component of a magnetic flux density in the vicinity of the peripheral surface of the rotor 1, and to increase its torque.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the switched reluctance motor characterized by the tip of owner *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* (Thunb.) Decne. being a flat surface about the projected part extended to a rotation side circumferencial direction at the tip of the Rota salient pole in the switched reluctance motor made to rotate this Rota by attracting the Rota salient pole which carried out sequential energization of the excitation winding coiled around two or more stator salient poles established in the stator, and was established in Rota.

[Claim 2] The ratio of the height of a projected part and the height of the Rota salient pole is a switched reluctance motor according to claim 1 characterized by being 0.05-0.3.

[Claim 3] The switched reluctance motor according to claim 1 characterized by making the ratio of height [ in / at least / a point ] into 1+60% and -80% of range with the wire extension of a projected part.

[Claim 4] The switched reluctance motor according to claim 1, 2, or 3 characterized by changing the wire extension of a projected part in the direction of a revolving shaft.

[Claim 5] Claims 1-3 characterized by a tip having a plane projected part at the tip of the opposite side of the hand of cut of the stator salient pole which counters a motor, or a switched reluctance motor given in four.

[Claim 6] Claims 1-4 characterized by having Rota which covered with non-magnetic material at least the Rota front face except the side-attachment-wall side front face which has an opposite side front face and a projected part with a stator, or a switched reluctance motor given in five.

[Claim 7] Claims 1-5 characterized by having Rota which formed the configuration of the connection part by the side of the shaft of a projected part and the Rota side attachment wall gently-sloping, or a switched reluctance motor given in six.

[Claim 8] It is the control approach of the switched reluctance motor characterized by detecting the location of Rota by making the tip of owner *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* (Thunb.) Decne. into the flat surface in the projected part which extends a switched reluctance motor to a rotation side circumferencial direction at the tip of the Rota salient pole, and detecting the energization current wave form of the coil wound around the stator salient pole in the location where the stator salient pole and the Rota salient pole started opposite.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the control approach of not using especially the efficient drive and sensor, about amelioration of a switched reluctance motor (henceforth SR motor).

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional SR motor consists of Rota 1 and the stators 2 which carried out the laminating of the magnetic-substance sheet metal, such as a silicon steel plate, as shown in drawing 16. Rota salient pole 4 -- and stator salient pole 3-- are formed in Rota 1 and a stator 2, respectively, and each stator salient pole 3 by the side of a stator 2 is looped around the coil 5.

[0003] And a control circuit 13 detects the location of the Rota salient pole 4 in Rota 1 by a sensor etc., supplies an electrical-potential-difference pulse to a coil 5 according to the location of Rota 1, and carries out sequential excitation of the stator salient pole 3. By the magnetism by this excitation, each Rota salient pole 4 in Rota 1 is attracted, and Rota 1 rotates.

[0004] As a Prior art about this SR motor, Rota of a configuration which is indicated by above-mentioned drawing 16 is common. As a special configuration, SR motor (conventional example 1) indicated by JP,8-126273,A has prepared the projected part which becomes narrow in both sides, by reducing the amount of saturation magnetic flux of the Rota salient pole, can avoid the appearance of a torque peak and can control torque fluctuation as are shown in the drawing 1 and it goes at each tip of a salient pole of Rota along with a rotation circumferencial direction at a projection and tip side.

[0005] Moreover, in case this SR motor is driven, in order to switch the timing energized to each coil, the Rota location needed to be detected correctly and the axial location sensor which detects the rotation location of Rota is used. The sensor loess control technique which does not need an axial location sensor is also proposed and examined from before. For example, after the time amount set to the coil by the sampling-time circuit after electrical-potential-difference impression, SR motor control equipment (conventional example 2) indicated by JP,63-202294,A carries out the sample of the current, asks for the gap with the desired Rota location by the comparison with a reference sign, answers this error signal, controls a power circuit, and is controlling the exciting current. Therefore, the complicated circuit as shown in the drawing 1 A is used. In addition, the configuration of Rota of the conventional example 2 is shown in the drawing 1. This is the normal mode as shown in drawing 16, the side face of the salient pole in Rota is perpendicular, and the projected part of the taper of the both sides at the tip of the Rota salient pole like the conventional example 1 is not prepared.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Drawing 16 is the sectional side elevation of SR motor of the conventional normal mode. According to Rota 1 of such a configuration, it thinks from the inflow condition of the line of magnetic flux from the stator salient pole 3 to the Rota salient pole 4, and the running torque produced in the opposite process of the Rota salient pole 4 and the stator salient pole 3 has become the configuration which is not acquired enough. Hereafter, drawing 17 which is an important section enlarged drawing explains the cause of the torque loss.

[0007] In order for a reluctance motor to obtain the running torque of an arrow head counterclockwise, the circumferencial direction component of flux density needs to act on the front face of the Rota salient pole 4. The momentary reluctance torque in the include angle alpha of a certain Rota 1 and stator 2 is expressed by the following formula (1) by the stress equation of a maxwell.

[0008]

[Equation 1]

$$T\alpha = \int r \cdot f_{\theta} ds \quad (1)$$

$$f_{\theta} = (H_r B_{\theta})_r + (H_{\theta} B_{\theta} - HB / 2)_{\theta}$$

ここで、

$s$ : ロータ表面積

$r$ : 軸中心からの距離

$f_{\theta}$ :  $\theta$ 方向の応力

$H_{\theta}$ :  $\theta$ 方向の磁界

$H_r$ :  $r$ 方向の磁界

$B_{\theta}$ :  $\theta$ 方向の磁束密度

$H$ : 磁界ベクトル

$B$ : 磁束密度ベクトル

( )<sub>r</sub>:  $r$ 面に作用する応力

( ) <sub>$\theta$</sub> :  $\theta$ 面に作用する応力

[0009] In order to make running torque increase from a formula (1), the one where the vertical component of the field in which a field needs to carry out incidence aslant on a front face to the Rota peripheral face 7 (r-th page), and which carries out incidence to a front face to the Rota side-attachment-wall side 8 (theta side) is larger is good. Moreover, the direction where a field acts near the Rota periphery can aim at increase of running torque. However, as the Rota configuration used conventionally is shown in [drawing 16](#) and [drawing 17](#), the Rota side-attachment-wall side 8 serves as a straight-line configuration. The example of a line-of-magnetic-flux Fig. in the field analysis in this configuration is shown in [drawing 18](#).

[0010] [Drawing 18](#) is the case where the Rota salient pole 4 and the stator salient pole 3 have not countered. If the Rota salient pole 4 and the stator salient pole 3 have countered, the radial component of Rota will occupy most and the magnetic flux which flows into the Rota peripheral face 7 will not have contributed to running torque. Moreover, although incidence is carried out from the slanting upper part to a field and running torque is generated, with rotation of Rota, to the Rota salient pole peripheral face 7 which has not countered, an opposed face product increases, the field component which contributes to running torque decreases, and, finally it becomes zero to it. On the other hand, the inflow of the magnetic flux by the side of the Rota side-attachment-wall side 8 is inclining and flowing into the side-attachment-wall side 8, and both hoop direction and radial component are contained. Among these, the running torque in which a hoop direction (theta) component can be found by (1) formula is determined. Like [drawing 18](#), when the Rota salient pole 4 and the stator salient pole 3 have not countered, many hoop direction components are contained, but if both begin to counter with rotation of Rota 1, whenever [ fluid inlet angle ] will move to radial gradually, and reduction in running torque will arise. As mentioned above, running torque fell sharply with rotation of Rota 1, and there was a problem that fluctuation of torque became large.

[0011] Moreover, it sets on SR motor indicated by the conventional example 1. Since the projected part which becomes narrow is prepared as it goes to a projection and tip side along with the rotation circumferencial direction at the tip of Rota In case the Rota salient pole and a stator salient pole start opposite gradually from the time of un-countering, inflow magnetic flux comes to increase gradually with rotation of Rota, magnetic flux increases suddenly in the Rota salient pole like before, and they can control changing torque sharply. However, since it is limited to the Rota salient pole side which counters and whenever [ fluid inlet angle / of a great portion of magnetic flux ] has turned to radial, in running torque generating of Rota, the inflow location of the magnetic flux from a stator salient pole is an opposite effect, and produces the fault of falling in respect of a motor efficiency.

[0012] Moreover, in SR motor operation control indicated by the conventional example 2, although the coil current is sampled, since the variation of the coil energization current changed with rotation of Rota is small, many ripples are overlapped on a current and have the problem of reducing location distinction precision sharply, by SR motor with the conventional Rota structure.

[0013] This invention is made in order to cope with such a technical problem, it makes running torque increase on the whole, aims at improvement in effectiveness, and aims at offering SR motor which enables high precision sensor loess control by easy circuitry while it makes whenever [ magnetic-flux fluid inlet angle ] change into a hoop direction side and controls fluctuation of the Rota running torque by modification

of the tip configuration of the Rota salient pole 4.

[0014]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the following means are provided in SR motor of this invention.

[0015] The field of the hand of cut extended to a rotation side hoop direction forms a plane projected part at each tip of the Rota salient pole, even when opposite with the Rota salient pole and a stator salient pole starts, the magnetic-flux inflow to the Rota side-attachment-wall side concentrates invention according to claim 1 on a projected part side face, and it is changed in the direction of the Rota periphery, the inflow magnetic flux of a hoop direction increases, and torque reduction is controlled.

[0016] Invention according to claim 2 gives a ratio with suitable height of a projected part and height of the Rota salient pole, and claim 3 gives a value with the suitable aspect ratio of a projected part. Since extreme concentration of the flux density at the time of this passing reduction and the projected part of the amount of magnetic flux which flow from a stator salient pole is avoidable, the saturation of the magnetic flux at the time of high-speed rotation and high torque rotation is eased, and the fall of running torque can be avoided.

[0017] Invention according to claim 4 changes the die length of the projected part extended to the Rota salient pole tip hoop direction in the direction of a revolving shaft. It can become possible to shift the maximum running torque generating stage in the direction of a revolving shaft by this, the exciting force to the stator produced at the time of the maximum running torque generating can be reduced, and vibration by torque fluctuation and the noise can be controlled.

[0018] Invention according to claim 5 makes a projected part extend also at the tip of a stator salient pole to an anti-rotation hoop direction while preparing a projected part in the Rota salient pole tip hoop direction. Thereby, a change is made more to a hoop direction and the inflow magnetic flux on a stator and the front face of Rota of the side which counters can also attain the increment in running torque.

[0019] Invention according to claim 6 covers with non-magnetic material the Rota front face except the side-attachment-wall side front face which has the projected part extended to the Rota salient pole tip hoop direction, and has an opposite side front face and a projected part with a stator salient pole. Since the inflow location of the great portion of magnetic flux on the front face of Rota is limited to an opposite side front face with a stator, and a projected part side side face and can inhibit the leakage of the magnetic flux to other fields by this, in order to rotate Rota, the effective force can be increased, and it becomes possible to contribute to improvement in torque.

[0020] Invention according to claim 7 made gently-sloping the include angle of the connection part by the side of the shaft of the Rota side attachment wall of the root in the projected part extended to the Rota salient pole tip hoop direction. Since the direction can be made to be able to change greatly, and can control the inclination for magnetic flux to concentrate by the corner and the magnetic saturation at the time of magnetic flux passing through the inside of Rota can be controlled in case the magnetic flux which passes a projected part flows into the Rota body by this, more magnetic flux can be slushed now and improvement in torque is attained.

[0021] Invention according to claim 8 relates to the control approach of the above switched reluctance motors. Since it has the projected part extended to the Rota salient pole tip hoop direction and the magnetic flux from a stator and the stator in the opposite early stages of Rota flows intensively from the projected part side at the tip of Rota, Since a coil energization current can change sharply, can detect this and can ask for the Rota location, even if it does not use a complicated circuit like before, the detection precision of the control system which does not use a sensor can improve sharply, and can contribute to improvement in a motor efficiency greatly.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the sectional view in the gestalt of operation of the 1st of this invention showing a stator 2 and the relation of Rota 1. The reluctance motor is constituted by the stator 2 which was constituted by the laminating of magnetic materials, such as a silicon steel plate, and was fixed to casing, and Rota 1 which has been arranged pivotable in this stator 2 interior, and was similarly constituted by the laminating of magnetic materials, such as a silicon steel plate, as shown in drawing 1.

[0023] Stator salient pole 3 -- of a large number arranged at equal intervals is formed in the inner circumference side of a stator 2. Moreover, Rota salient pole 4 -- of a large number arranged at equal intervals is formed also in the Rota 1 periphery side. Moreover, the coil 5 for excitation is wound around the stator salient pole 3 established in the stator 2.

[0024] By the magnetism generated by carrying out sequential energization to excitation winding 5, the Rota salient pole 4 can draw SR motor near in the stator salient pole 3 and the direction where it counters, and

Rota 1 rotates it. Therefore, a rotary encoder etc. detects the rotation of Rota 1, according to the physical relationship between the stator 2 and Rota 1, by switching the timing energized to excitation winding 5 by the control circuit 13, it rotates continuously and the function as a motor is achieved.

[0025] Here, it has the projected part 6 extended to a rotation hoop direction at Rota salient pole 4 tip, and, in the tip, the structure of Rota 1 by the gestalt of the 1st operation has become a flat surface, as is shown in drawing 1. Although drawing 2 is the important section enlarged drawing, when the stator salient pole 3 and the Rota salient pole 4 have not countered, after magnetism occurs by energization to excitation winding 5 and magnetic flux passes through space from stator salient pole 3 tip, it flows into the Rota 1 interior from the Rota salient pole 4 again. Under the present circumstances, magnetic flux flows from the near Rota peripheral face 7 and the near side-attachment-wall side 8 which counter the stator salient pole 3. In order to concentrate at projected part 6 tip, the hoop direction component of the flux density in near Rota 1 peripheral face increases the magnetic flux which flows from the Rota side-attachment-wall side 8. Here, the torque which moves this Rota 1 to a hand of cut is expressed by (1) type, and when the increment in the hoop direction component of magnetic flux arises near the periphery of Rota 1, the increment in torque is acquired.

[0026] Drawing 3 shows the magnetic-flux vector distribution searched for in field analysis about the structure of above-mentioned Rota 1. From the projected part 6 at the tip of the Rota salient pole 4, magnetic flux concentrates, it flows and drawing 3 shows signs that the magnetic flux of a hoop direction component increases. The direction made into the flat surface which intersects a hand of cut contributes the tip of a projected part 6 to the increment in torque.

[0027] It is [ at the time of a stator 2 and Rota 1 beginning opposite ] the same, and drawing 4 shows magnetic-flux vector distribution. Since the magnetic flux which flows from the projected part 6 by the structure of this Rota 1 also [ in the middle of opposite ] has a large hoop direction component and is larger than drawing 4, improvement in torque is accepted. [ of the radial distance which acts ]

[0028] In the gestalt of the above-mentioned operation, although it has said that a projected part 6 is only formed in the rotation hoop direction at the tip of the Rota salient pole, the configuration of this projected part is considered.

[0029] Drawing 5 is the sectional side elevation of the gestalt of operation of the 2nd of this invention, and makes the wire extension of a projected part 6 equivalent to the height in a point at least. The aspect ratio of a projected part is 1. The Rota salient pole 4 equipped with the projected part which has such an aspect ratio can control that local concentration of the magnetic flux which passes through the inside of a projected part by concentration of the magnetic pole to the projected part 6 shown with the gestalt of the 1st operation of the above-mentioned arises.

[0030] Drawing 6 shows the result of having examined the line of magnetic flux at the time of setting the aspect ratio of a projected part 6 as 1 in field analysis. Drawing 6 shows that concentration of the magnetic flux in the projected part 6 interior is eased. If a wire extension and height are not much small, there is little effectiveness, and since they will approach the condition that the projected part was lost if it becomes large, they need to select a dimension appropriately. First, the projected part for which it asked by numerical calculation is a rectangle, and the related Fig. of a Rota generating torque ratio (torque in case there are not torque/projected part when there is a projected part) is indicated to be the wire extension  $w$  and ratio  $(w/h)$  of height  $h$  to drawing 7. It becomes max when  $w/h$  is 1. The location of a torque ratio 1 is the case where there is no projected part, in an abscissa 0. When  $w/h$  exceeds 1.7 and becomes long and slender, it turns out that effectiveness falls. In addition, drawing 7 is a value in case the ratio of projected part height  $h$  and height  $H$  of the Rota salient pole is about 0.13. When this ratio  $h/H$  becomes still smaller, that effectiveness falls gradually. Even if ratio  $h/H$  becomes not much large too much, the torque component which pulls Rota to a rotation hoop direction decreases, effectiveness falls, and there is the optimal range in the ratio. The range of this range is drawing 8 to 0.05-0.3.

[0031] Drawing 9 is the sectional side elevation showing the gestalt of operation of the 3rd of this invention. Forming a projected part 6 in salient pole 4 point is changing the width of face 9 of this projected part 6 in the direction of the Rota revolving shaft with the gestalt of this operation, although it is the same as that of the gestalt of operation of until said. That is, it has the structure where the width of face of a projected part 6 was nonsequentially changed to shaft orientations continuously like drawing 9 (a) as shown in this drawing (b). According to Rota which has such a projected part, the amount into which magnetic flux flows from the projected part 6 of the Rota salient pole 4 in the same Rota angle of rotation will change with shaft-orientations locations. Therefore, since vibration which it is at the magnetic-flux inflow time, and is generated in Rota 1 and a stator 2 shifts in time and it generates, it becomes possible to reduce sharply the

noise resulting from vibration of the whole motor and it.

[0032] Drawing 10 is the important section sectional side elevation of the gestalt of operation of the 4th of this invention. In the gestalt of this operation, forming a projected part 6 at the tip of the Rota salient pole 4 has structure which formed the projected part 10 also at the tip of the stator salient pole 3 to the opposite side of a hand of cut with the gestalt of this operation, although it is the same as that of the gestalt of the aforementioned operation. According to this structure, the magnetic flux which flowed into space contains many hoop direction components from the projected part 10 at stator salient pole 3 tip, and also in case this flows into the stator salient pole 3 and the Rota peripheral face 7 of the side to counter, since it is continuing, an inclination is changed into the inflow magnetic-flux flow containing many hoop direction components whenever [ this efflux angle ]. Therefore, the increment in running torque expressed with (1) type is acquired, and improvement in effectiveness can be attained. Drawing 11 shows the line-of-magnetic-flux Fig. in field analysis. While the magnetic flux which flows out from the projected part 10 prepared at stator pole 3 tip from drawing 11 contains many hoop direction components, it turns out that it flows into the front face 7 of the Rota salient pole 4.

[0033] Drawing 12 is the important section sectional side elevation of the gestalt of operation of the 5th of this invention. With the gestalt of this operation, it adds to the above-mentioned Rota configuration of forming a projected part 6 in Rota salient pole 4 point. Since the Rota front face except the side-attachment-wall side 8 which has a stator 2, the Rota peripheral face 7 which counters, and a projected part 6 at least is covered with non-magnetic material 11, Since the inflow location of the magnetic flux in most Rota salient pole 4 front faces is limited to a stator, the Rota peripheral face 7 which counters, and the projection side Rota side-attachment-wall side 8 and can inhibit the leakage of the magnetic flux to other fields, In order to rotate Rota 1, the effective force can be increased, and it becomes possible to contribute to improvement in torque.

[0034] Drawing 13 is the important section sectional side elevation of the gestalt of operation of the 6th of this invention. Although it is the same as that of the gestalt of operation of until said to form a projected part 6 in the point of the Rota salient pole 4, the corner 12 is thickly formed so that the include angle of the connection part by the side of the shaft of this projected part 6 and the Rota salient pole 4 may be made gently-sloping. From the projected part 6 prepared at Rota salient pole 4 tip, the magnetic flux which flowed out from the stator salient pole 3 flows into the interior of Rota 1, and passes the one Rota inside-of-the-body section. Under the present circumstances, in a corner 12, magnetic flux is bent rapidly and the flux density in this point rises locally. Therefore, when the saturation of magnetic flux makes the energization current to a coil 5 increase at the time of a high speed and high torque rotation, it arises, and torque decreases. Then, if a corner 12 is made into the configuration made thick like drawing 13, concentration of the magnetic flux which passes this part will be improved sharply, and reduction in torque will be eased. Drawing 14 shows the line-of-magnetic-flux Fig. in field analysis. Since the root by the side of the shaft of the projected part 6 prepared at Rota salient pole 4 tip was made thick, drawing 14 shows that concentration of the magnetic flux in a corner 12 is eased.

[0035] As a result of preparing the projected part extended to a hand of cut in the tip periphery of the above Rota salient poles, detection of the Rota location becomes easy. Drawing 15 is drawing showing the property of the relation between the coil current in this case, and Rota angle of rotation. It is in a condition when the constant-voltage pulse is impressed, a continuous line is a property at the time of using Rota by this invention, and a dotted line is a property at the time of using Rota of a conventional type like drawing 16. As shown in drawing 15, current change produced in the coil of the stator in the opposite initiation early stages of the Rota salient pole and a stator salient pole changes more rapidly than before. When detecting this current change and detecting Rota 1 conventionally, there was little current change and it was not appropriate for control of SR motor, but according to this invention, since detection precision can improve sharply, it becomes usable and can contribute to improvement in a motor efficiency greatly at a sensor loess control system.

[0036] It should be thought that the gestalt of the operation indicated this time is [ no ] instantiation at points, and restrictive. The range of this invention is shown by the above-mentioned not explanation but claim, and it is meant that all modification in a claim, equal semantics, and within the limits is included.

[0037]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, magnetic flux flows intensively from the projected part side established in the Rota salient pole point rotation hoop direction, and since the hoop direction component of the magnetic flux which contributes to torque generating increases, running torque improves.



[0038] Increase of an output torque can be aimed at without [ therefore ] saturating magnetic flux, even when the amount of magnetic flux increases by selecting appropriately the wire extension and height of a projected part which are prepared in the Rota salient pole point. It is effective in the amount of magnetic flux which flows the inside of a projected part easing concentration of magnetic flux, and the generating torque at the time of making an energization current high can be improved.

[0039] If the die length of the projected part extended to the Rota salient pole tip hoop direction is made into the configuration changed in the direction of a revolving shaft, a torque fluctuation component can be controlled.

[0040] While preparing a projected part in the Rota salient pole tip hoop direction, running torque is made to increase by preparing a projected part also at the tip of a stator salient pole to an anti-rotation hoop direction, and deflecting the magnetic-flux include angle which flows into a stator and the Rota front face of the side which counters to a hoop direction.

[0041] Since the Rota front face except the side-attachment-wall side front face which has an opposite side peripheral face and a projected part with a stator was covered with non-magnetic material, the magnetic flux generated from the stator can attain improvement in running torque by the increment in the magnetic-flux component which come to flow from the front face which does not cover non-magnetic material, and flows from the Rota tip hoop direction projected part especially. [ many ]

[0042] In the projected part extended to the Rota salient pole tip hoop direction, even when the root Motobe's height is made high, inflow magnetic flux enables it to deflect the flow direction to the Rota salient pole without resistance, and the magnetic-flux flow inside a rotor becomes smooth and enlarges an energization current, the magnetic saturation inside a rotor is eased, and since the flux density which flows into Rota in the same energization current increases, running torque can be increased.

[0043] Since current change produced in the coil of the stator in the opposite initiation early stages of the Rota salient pole and a stator salient pole by preparing a projected part in the tip hoop direction of the Rota salient pole changes more rapidly than before, this current change can be detected directly and the Rota location can be detected. It compares with the sensor loess control system to the former, and detection precision can improve sharply, it becomes more unnecessary [ the circuit which cuts these noises ] than few things, and the effect of the ripple superimposed on a current can also realize highly precise sensor loess control by easy circuitry.

---

[Translation done.]



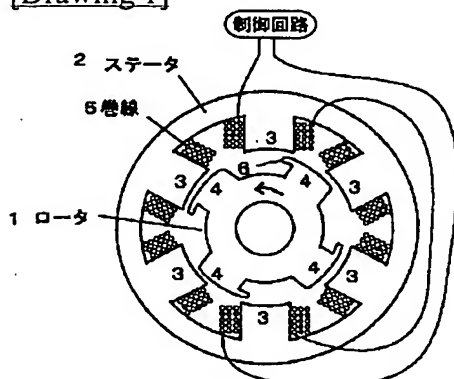
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

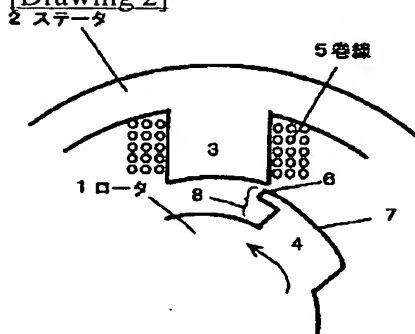
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

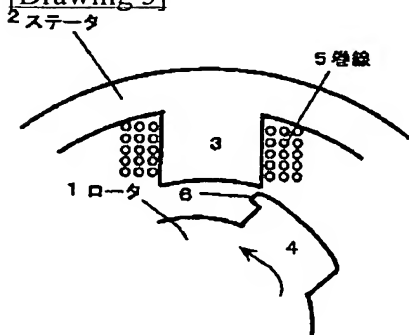
[Drawing 1]



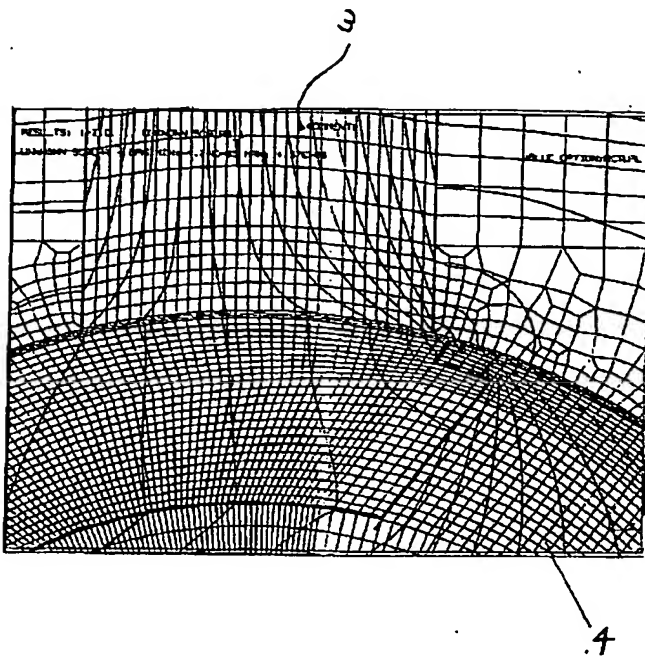
[Drawing 2]



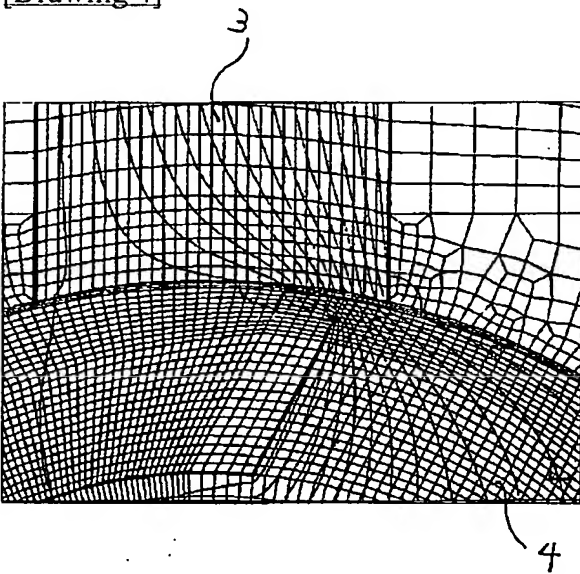
[Drawing 5]



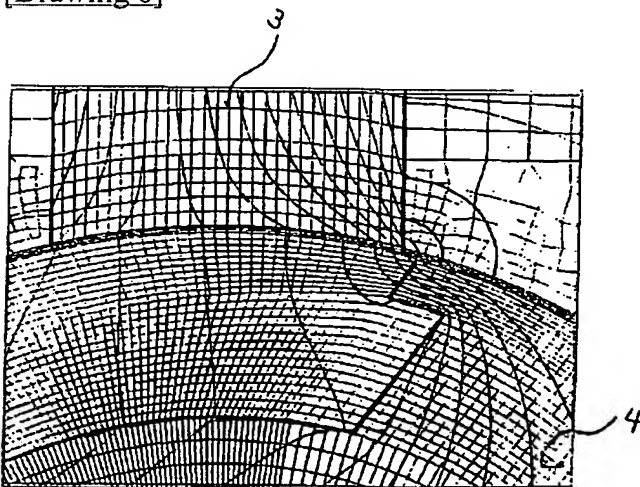
[Drawing 3]



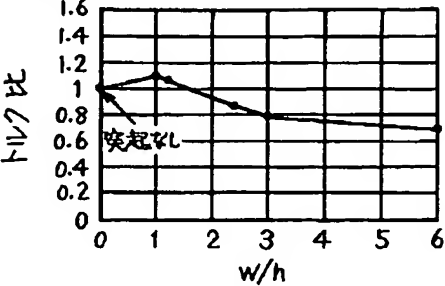
[Drawing 4]



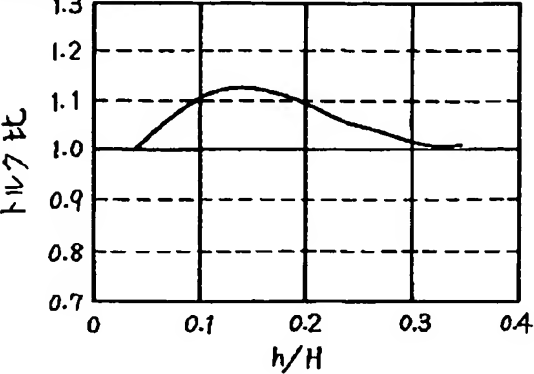
[Drawing 6]



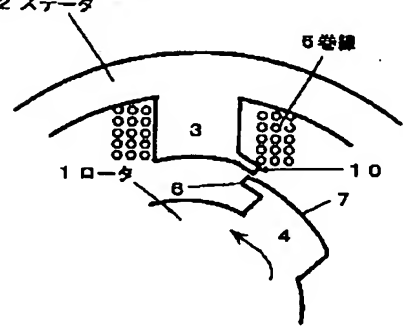
[Drawing 7]



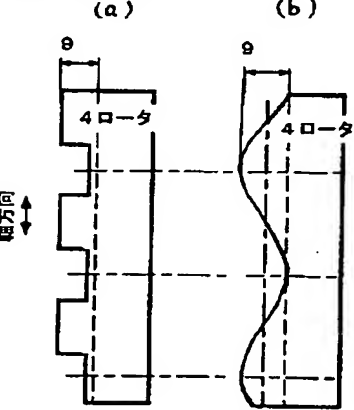
[Drawing 8]



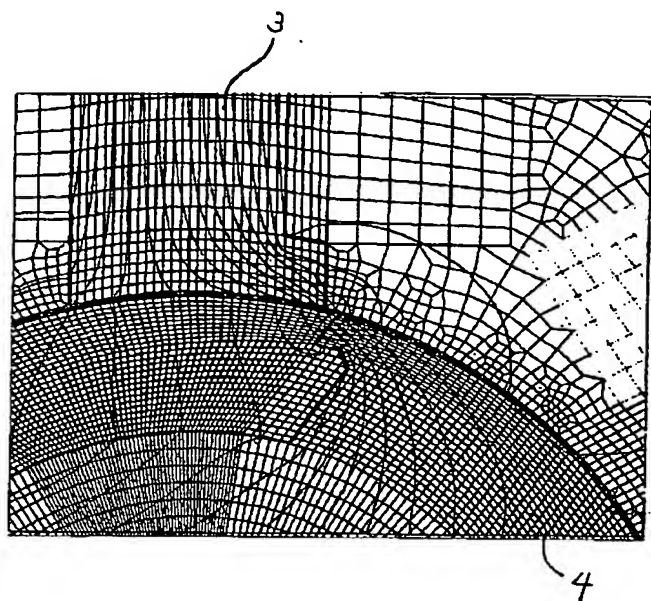
[Drawing 10]



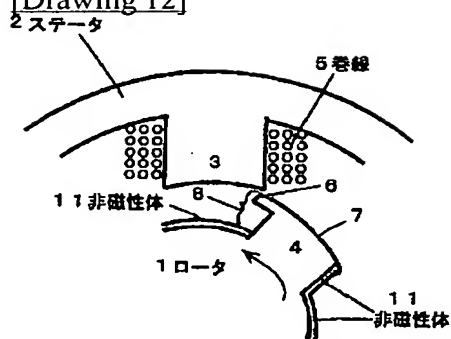
[Drawing 9]



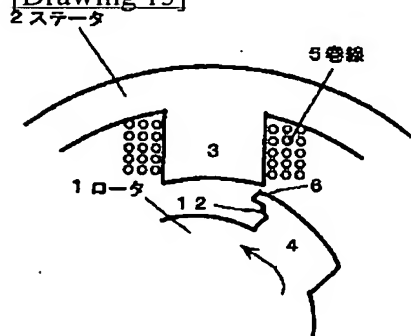
[Drawing 11]



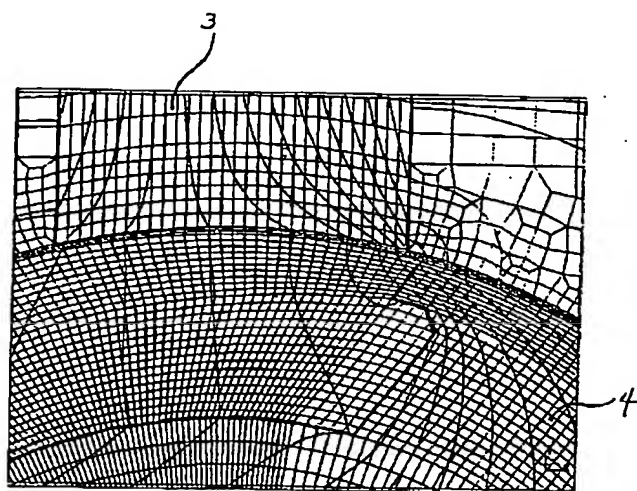
[Drawing 12]



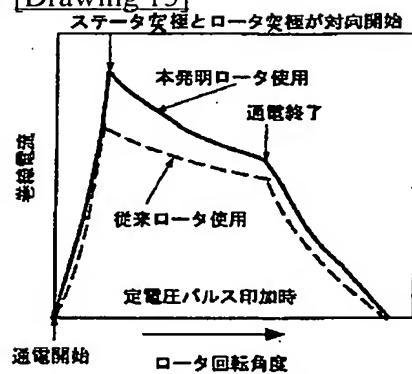
[Drawing 13]



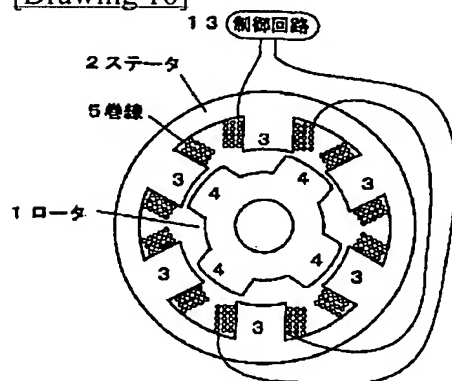
[Drawing 14]



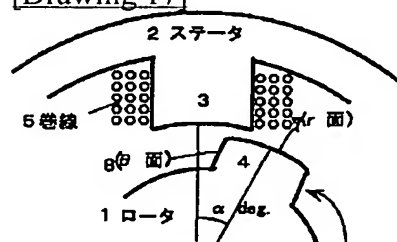
[Drawing 15]



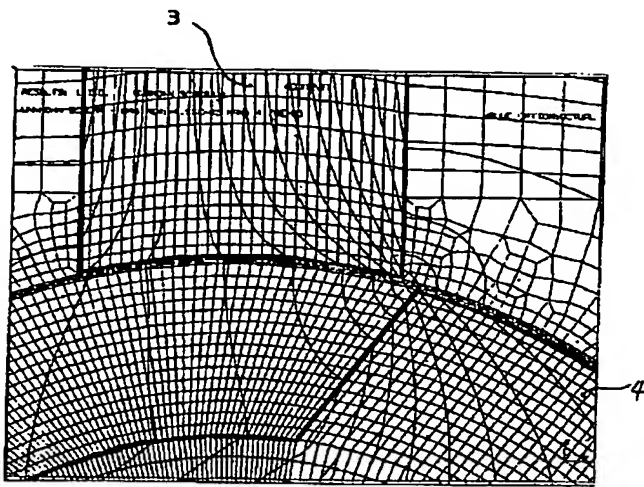
[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Drawing 18]



---

[Translation done.]

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-308828

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl.

H02K 19/10

H02K 1/24

(21)Application number : 10-114885

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 24.04.1998

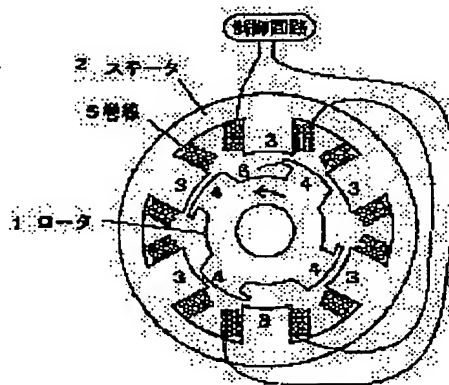
(72)Inventor : TANAKA SHOZO  
OCHI OSAMU

## (54) SWITCHED RELUCTANCE MOTOR AND ITS CONTROL METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To concentrate magnetic flux flowing into a rotor-side wall surface on the side surfaces of a protrusion when a salient rotor pole begins to face a salient stator pole, to increase magnetic flux flowing-in in the peripheral direction, and to increase the torque and efficiency, by forming a protrusion stretching in a rotating side peripheral direction and having a plane at its rotating side end, at the tip of each salient rotor pole.

**SOLUTION:** A reluctance motor rotates by switching-controlling current flow into exciting windings 5 wound on salient stator poles 3 according to the positional relation between the rotor 1 and the stator 2. Here, a protrusion 6 extending in a rotating peripheral direction is provided at the tip of each salient rotor pole 4, and its tip is formed into a plane. And magnetic flux, which is generated by current flow into the exciting windings 5 when a salient rotor pole 4 begins to face a salient stator pole by the rotation of the rotor 1, and flows into the wall surface of each salient rotor pole 4 from a salient stator pole 3 through an air gap, is concentrated on the protrusion 6. Consequently, it becomes possible to increase the peripheral-direction component of a magnetic flux density in the vicinity of the peripheral surface of the rotor 1, and to increase its torque.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 11-308828

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>

H02K 19/10  
1/24

識別記号

F1

H02K 19/10  
1/24

A

A

審査請求 未請求 請求項の数 8

OL

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-114885

(22) 出願日 平成10年(1998)4月24日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 田中 章三

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内

(72) 発明者 越智 修

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内

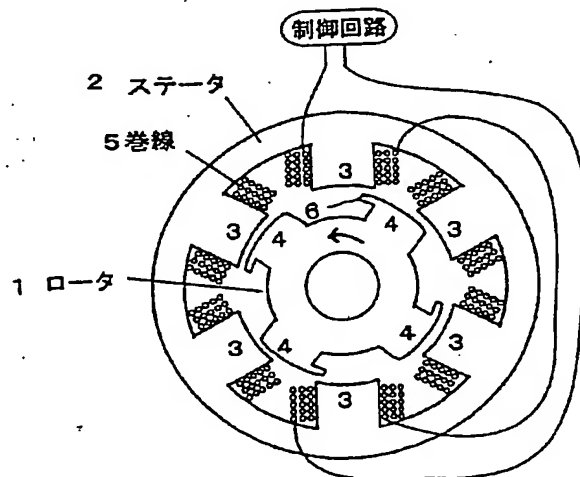
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎

(54) 【発明の名称】 スイッチドリラクタンスモータおよびその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 SRモータにおいて、ロータが回転しステータ突極3とロータ突極4が対向するに従い回転に寄与するトルク成分が減少し、この結果、トルク変動の発生、効率の低下が起こることを防止し、ロータが回転してもトルク成分が大幅に変動せず、かつ、効率が上昇するようになる。

【解決手段】 ロータ突極4の先端回転円周方向へ延長する回転方向の先端が平面の突部6を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ステータに設けられた複数のステータ突極に巻かれた励磁巻線を順次通電してロータに設けられたロータ突極を吸引することにより該ロータを回転させるスイッチドリラクタンスモータにおいて、ロータ突極先端に回転側円周方向へ延長する突部を有しその先端は平面であることを特徴とするスイッチドリラクタンスモータ。

【請求項 2】 突部の高さでロータ突極の高さとの比は 0.05~0.3であることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチドリラクタンスモータ。

【請求項 3】 突部の突出長さで少なくとも先端部における高さの比を  $1+60\%$ 、 $-80\%$  の範囲とすることを特徴とする請求項 1 記載のスイッチドリラクタンスモータ。

【請求項 4】 突部の突出長さを回転軸方向で変化させたことを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載のスイッチドリラクタンスモータ。

【請求項 5】 モータに対向するステータ突極の回転方向の反対側の先端に先端が平面の突部を有することを特徴とする請求項 1~3 または 4 記載のスイッチドリラクタンスモータ。

【請求項 6】 少なくとも、ステータとの対向側表面および突部を有する側壁側表面を除いたロータ表面を、非磁性体で被覆したロータを有することを特徴とする請求項 1~4 または 5 記載のスイッチドリラクタンスモータ。

【請求項 7】 突部とロータ側壁の軸側の接続部分の形状をなだらかに形成したロータを有することを特徴とする請求項 1~5 または 6 記載のスイッチドリラクタンスモータ。

【請求項 8】 スイッチドリラクタンスモータは、ロータ突極先端に回転側円周方向へ延長する突部を有しその先端は平面にされており、ステータ突極とロータ突極が対向を開始した位置における、ステータ突極に巻回された巻線の通電電流波形を検出することにより、ロータの位置を検出することを特徴とするスイッチドリラクタンスモータの制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、スイッチドリラクタンスモータ（以下、SRモータという）の改良に関するもので、特にその高効率駆動および、センサを用いない制御方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の SRモータは、図 16 に示すように、ケイ素鋼板等の磁性体薄板を積層したロータ 1 とステータ 2 とから構成されている。ロータ 1 およびステータ 2 にはそれぞれ、ロータ突極 4 … およびステータ突極 3 … が形成されており、ステータ 2 側の各ステータ突極

3 には巻線 5 が巻装されている。

【0003】 そして、制御回路 13 は、ロータ 1 のロータ突極 4 の位置をセンサ等により検出を行ない、ロータ 1 の位置に応じて巻線 5 に電圧パルスを供給し、ステータ突極 3 を順次励磁する。この励磁による磁力により、ロータ 1 の各ロータ突極 4 が吸引され、ロータ 1 が回転する。

【0004】 この SRモータに関する従来の技術として、たとえば、前述の図 16 に記載されているような形状のロータが一般的である。特別な形状として、特開平 8-126273 号公報に開示される SRモータ（従来例 1）は、その図 1 に示されるように、ロータの各突極先端に回転円周方向に沿って突出し、かつ、先端側に向かうにつれ狭小となる突部を両側に設けており、ロータ突極の飽和磁束量を低減することにより、トルクピークの出現を回避し、トルク変動を抑制することができるものである。

【0005】 また、この SRモータを駆動する際には、各巻線に通電するタイミングを切換えるため、ロータ位置を正確に検出する必要があり、ロータの回転位置を検出する軸位置センサが利用されてきた。軸位置センサを必要としないセンサレス制御技術も従来より提案、検討されている。たとえば、特開昭 63-202294 号公報に開示される SRモータ制御装置（従来例 2）は、巻線へ電圧印加後にサンプリング時間回路により設定された時間後に、電流をサンプルし、参照信号との比較により所望のロータ位置とのずれを求め、この誤差信号にตอบสนองして電源回路を制御して励磁電流を制御している。そのために、その図 1A に示されるような複雑な回路を使用している。なお、従来例 2 のロータの形状はその図 1 に示されるようになっている。これは、図 16 に示されるような標準型で、ロータの突極の側面は垂直で、従来例 1 のようなロータ突極先端の両側の先細の突部は設けられていない。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 図 16 は従来の標準型の SRモータの側断面図である。このような形状のロータ 1 によると、ステータ突極 3 からロータ突極 4 への磁束線の流入状態より考えて、ロータ突極 4 とステータ突極 3 との対向過程に生じる回転トルクが十分得られない形状になっている。以下、そのトルク損失の原因について、要部拡大図である図 17 によって説明する。

【0007】 リラクタンスモータが、たとえば、反時計方向に矢印の回転トルクを得るには、ロータ突極 4 の表面に磁束密度の円周方向成分が作用する必要がある。あるロータ 1 とステータ 2 との角度  $\alpha$  における瞬時のリラクタンストルクは、マクスウェルの応力方程式により、次の式 (1) で表わされる。

## 【0008】

【数 1】

3

$$T\alpha = \int r \cdot f_{\theta} ds \quad (1)$$

$$f_{\theta} = (H_r B_{\theta})_r + (H_{\theta} B_{\theta} - HB/2)_{\theta}$$

ここで、

$S$ : ロータ表面積

$r$ : 軸中心からの距離

$f_{\theta}$ :  $\theta$ 方向の応力

$H_{\theta}$ :  $\theta$ 方向の磁界

$H_r$ :  $r$ 方向の磁界

$B_{\theta}$ :  $\theta$ 方向の磁束密度

$H$ : 磁界ベクトル

$B$ : 磁束密度ベクトル

( )<sub>r</sub>:  $r$ 面に作用する応力

( ) <sub>$\theta$</sub> :  $\theta$ 面に作用する応力

【0009】式(1)より回転トルクを増加させるには、ロータ外周面7( $r$ 面)へは、磁界が表面に斜めに入射する必要がある、ロータ側壁面8( $\theta$ 面)へは、表面に入射する磁界の垂直成分が大きい方がよい。また、ロータ外周近くに磁界が作用する方が回転トルクの増大が図れる。しかしながら、従来より用いられてきたロータ形状は、図16および図17に示すように、ロータ側壁面8が直線形状となっている。この形状における磁界解析による磁束線図の例を図18に示す。

【0010】図18はロータ突極4とステータ突極3が対向していない場合である。もし、ロータ突極4とステータ突極3とが対向していると、ロータ外周面7へ流入する磁束は、ロータの半径方向成分が大部分を占めており、回転トルクに寄与していない。また、対向していないロータ突極外周面7へは、面へ斜め上方より入射し、回転トルクを発生するが、ロータの回転とともに、対向面積が増加し、回転トルクに寄与する磁界成分が減少し、最終的にはゼロになる。一方、ロータ側壁面8側への磁束の流入は、側壁面8に傾斜して流入しており、周方向および半径方向成分の両者が含まれている。このうち、周方向( $\theta$ )成分が(1)式で求まる回転トルクを決定している。図18のように、ロータ突極4とステータ突極3が対向していない場合は、周方向成分は多く含まれるが、ロータ1の回転に伴い、両者が対向し始めると、流入角度が徐々に半径方向へ移動し、回転トルクの減少が生じる。以上のように、ロータ1の回転とともに回転トルクが大幅に低下し、トルクの変動が大きくなるという問題があった。

【0011】また、従来例1に開示されるSRモータにおいては、ロータ先端の回転円周方向に沿って突出し、かつ先端側に向かうにつれ狭小となる突対を設けているので、ロータ突極とステータ突極とは非対向時から徐々に対向を開始する際に、ロータの回転とともに徐々に流

4

入磁束が増加するようになり、従来のようにロータ突極において急に磁束が増加し、トルクが大きく変動するのを抑制することができる。しかしながら、ステータ突極からの磁束の流入位置は、対向するロータ突極面に限定されており、大部分の磁束の流入角度が半径方向を向いているため、ロータの回転トルク発生には逆効果であり、モータ効率の面では低下するという不具合を生ずる。

【0012】また、従来例2に開示されるSRモータ運転制御においては、巻線電流をサンプリングしているが、従来のロータ構造を持つSRモータでは、ロータの回転とともに変動する巻線通電電流の変化量が小さいため、多数のリプルが電流に重畳し、位置判別精度を大幅に低下させるという問題を有している。

【0013】本発明は、このような課題に対処するためになされたものであり、ロータ突極4の先端形状の変更により、磁束流入角度を周方向側へ変更させ、ロータ回転トルクの変動を抑制するとともに、全体的に回転トルクを増加させ効率の向上を図り、簡単な回路構成により高精度センサレス制御を可能にするSRモータを提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明のSRモータにおいては、以下のような手段を講じている。

【0015】請求項1記載の発明は、各ロータ突極先端に回転側周方向へ延長する回転方向の面が平面の突部を形成し、ロータ突極とステータ突極との対向が始まった際でもロータ側壁面への磁束流入が突部側面に集中し、ロータ外周方向へ変更され周方向の流入磁束が増加しトルク減少が抑制される。

【0016】請求項2記載の発明は、突部の高さとし、ロータ突極の高さの適切な比を与えるものであり、請求項3は突部の縦横比の適切な値を与えるものである。これにより、ステータ突極より流入する磁束量の減少と突部を通過する際の磁束密度の極端な集中を避けることができるため、高速回転、高トルク回転時における磁束の飽和を緩和し、回転トルクの低下を回避できる。

【0017】請求項4記載の発明は、ロータ突極先端周方向に延長した突部の長さを回転軸方向で変化させる。これにより、最大回転トルク発生時期を回転軸方向でずらすことが可能となり、最大回転トルク発生時に生じるステータへの加振力を低減し、トルク変動による振動、騒音を抑制することができる。

【0018】請求項5記載の発明は、ロータ突極先端周方向へ突部を設けるとともに、ステータ突極先端にも反回転周方向へ突部を延長させる。これにより、ステータと対向する側のロータ表面への流入磁束も、より周方向へ変更が行われ、回転トルクの増加を達成できる。

【0019】請求項6記載の発明は、ロータ突極先端周

方向へ延長した突部を有し、ステータ突極との対向側表面および突部を有する側壁側表面を除いたロータ表面を非磁性体で被覆する。これにより、ロータ表面での磁束の大部分の流入位置がステータとの対向側表面および突部側面に限定され、その他の面への磁束の漏れを抑止できるため、ロータを回転させるために有効な力が増加でき、トルクの向上に寄与することが可能となる。

【0020】請求項7記載の発明は、ロータ突極先端周方向へ延長した突部において、その根元のロータ側壁の軸側の接続部分の角度をなだらかにした。これにより、突部を通過する磁束がロータ本体へ流入する際に、その方向が大きく変更させられ角部で磁束が集中するという傾向を抑制でき、磁束がロータ内を通過する際の磁気飽和を抑制できるため、より多くの磁束を流し込めるようになり、トルクの向上が達成される。

【0021】請求項8記載の発明は、前述のようなスイッチドリラクタンスモータの制御方法に関するものである。ロータ突極先端周方向へ延長した突部を有しており、ステータとロータの対向初期におけるステータからの磁束がロータ先端の突部面から集中的に流入するため、巻線通電電流が大幅に変化し、これを検出してロータ位置を求めることができるから、従来のような複雑な回路を使用しなくても、センサを使用しない制御方式の検出精度が大幅に向上でき、モータ効率の向上に大きく寄与することができる。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態における、ステータ2とロータ1の関係を示す断面図である。図1に示すように、リラクタンスモータは、ケイ素鋼板等磁性材料の積層により構成されケーシングに固定されたステータ2と、このステータ2内部において回転可能に配置され同じくケイ素鋼板等の磁性材料の積層により構成されたロータ1とにより構成されている。

【0023】ステータ2の内周側には、等間隔に配置された多数のステータ突極3…が形成されている。また、ロータ1外周側にも等間隔に配置された多数のロータ突極4…が形成されている。また、ステータ2に設けられたステータ突極3には、励磁用巻線5が巻回されている。

【0024】SRモータは、励磁巻線5へ順次通電することにより発生する磁力により、ロータ突極4がステータ突極3と対向する方向へ引き寄せられ、ロータ1が回転する。したがって、ロータ1の回転量をロータリエンコーダ等により検出し、そのステータ2およびロータ1間の位置関係により、励磁巻線5へ通電するタイミングを、制御回路13によりスイッチングすることにより連続的に回転し、モータとしての機能を果たすものである。

【0025】ここで、第1の実施の形態によるロータ1の構造は、図1に示されるように、ロータ突極4先端に

回転周方向へ延長する突部6を有し、その先端は平面になっている。図2は、その要部拡大図であるが、ステータ突極3とロータ突極4が対向していないとき、励磁巻線5への通電により磁力が発生し、磁束がステータ突極3先端より空間を通過した後、再びロータ突極4よりロータ1内部へ流入する。この際、磁束は、ステータ突極3に対向する側のロータ外周面7と側壁面8より流入する。ロータ側壁面8より流入する磁束は突部6先端に集中するため、ロータ1外周面付近における磁束密度の周方向成分が増加する。ここで、本ロータ1を回転方向へ移動させるトルクは、(1)式により表わされ、磁束の周方向成分の増加がロータ1の外周付近に生じることによりトルクの増加が得られる。

【0026】図3は、前述のロータ1の構造について磁界解析により求めた磁束ベクトル分布を示す。図3より、ロータ突極4の先端の突部6より磁束が集中して流入し、周方向成分の磁束が増加する様子がわかる。突部6の先端は、回転方向に交差する平面とした方がトルクの増加に寄与する。

【0027】図4は、ステータ2とロータ1が対向を始めた際の同じく磁束ベクトル分布を示している。図4より、対向途中においても本ロータ1の構造による突部6より流入する磁束は、周方向成分が大きく、かつ作用する半径方向距離が大きいためトルクの向上が認められる。

【0028】前述の実施の形態においては、単に突部6をロータ突極先端の回転周方向に設けることを述べているが、この突部の形状について考察する。

【0029】図5は、本発明の第2の実施の形態の側断面図であって、突部6の突出長さを少なくとも先端部における高さと同等としたものである。突部の縦横比は1となっている。このような縦横比を有する突部を備えたロータ突極4は、前述の第1の実施の形態で示した突部6への磁極の集中により突部内を通過する磁束の局所的な集中が生じるのを抑制することができる。

【0030】図6は突部6の縦横比を1に設定した場合の磁束線を磁界解析により検討した結果を示している。図6より、突部6内部における磁束の集中が緩和されているのがわかる。突出長さおよび高さは、あまり小さくは効果が少なく、大きくなれば突部がなくなった状態に近づくので、寸法を適切に選定する必要がある。まず、数値計算により求めた、突部が矩形であり、その突出長さ $w$ と高さ $h$ の比率( $w/h$ )と、ロータ発生トルク比(突部があったときのトルク/突部がないときのトルク)の関係図を図7に示す。 $w/h$ が1のとき最大になる。横座標0でトルク比1の位置は突部がない場合である。 $w/h$ が1.7を超え細長くなると効果が低下することがわかる。なお、図7は、突部高さ $h$ とロータ突極の高さ $H$ との比率が0.13程度のときの値である。この比率 $h/H$ がさらに小さくなった場合には、その効

果が徐々に低下する。比率  $h/H$  があまり大きくなり過ぎてもロータを回転周方向へ引っ張るトルク成分が減少し、効果が低下し、その比率には最適範囲がある。この範囲は図 8 から、0.05~0.3 の範囲である。

【0031】図 9 は、本発明の第 3 の実施の形態を示す側断面図である。突極 4 先端部に突部 6 を設けることは、前記までの実施の形態と同様であるが、この実施の形態では、この突部 6 の幅 9 をロータ回転軸方向において変化させている。つまり、図 9 (a) のように突部 6 の幅を軸方向に不連続的に、あるいは、同図 (b) のように連続的に変化させた構造になっている。このような突部を有するロータによると、同じロータ回転角度においてロータ突極 4 の突部 6 より磁束が流入する量が軸方向位置によって変化することになる。したがって、磁束流入時点でロータ 1 およびステータ 2 に発生する振動が時間的にずれて発生するため、モータ全体の振動およびそれに起因する騒音を大幅に低減することが可能になる。

【0032】図 10 は本発明の第 4 の実施の形態の要部側断面図である。この実施の形態において、ロータ突極 4 の先端に突部 6 を設けることは、前記の実施の形態と同様であるが、この実施の形態では、ステータ突極 3 の先端にも、回転方向の反対側へ突部 10 を設けた構造となっている。この構造によれば、ステータ突極 3 先端の突部 10 より空間へ流出した磁束は、周方向成分を多く含んでおり、これがステータ突極 3 と対向する側のロータ外周面 7 へ流入する際にも、この流出角度傾向は継続しているため、周方向成分を多く含んだ流入磁束流れに変更される。したがって、(1) 式で表わされる回転トルクの増加が得られ、効率の向上が達成できる。図 11 は、磁界解析による磁束線図を示している。図 11 よりステータ極 3 先端に設けた突部 10 より流出する磁束は周方向成分を多く含みながらロータ突極 4 の表面 7 へ流入することがわかる。

【0033】図 12 は、本発明の第 5 の実施の形態の要部側断面図である。この実施の形態では、ロータ突極 4 先端部に突部 6 を設ける前述のロータ形状に加え、少なくとも、ステータ 2 と対向するロータ外周面 7 および突部 6 を有する側壁面 8 を除いた、ロータ表面を非磁性体 11 で被覆しているため、ロータ突極 4 表面での大部分の磁束の流入位置がステータと対向するロータ外周面 7 および突起側ロータ側壁面 8 に限定され、その他の面への磁束の漏れを抑制できるため、ロータ 1 を回転させるために有効な力が増加でき、トルクの向上に寄与することが可能となる。

【0034】図 13 は、本発明の第 6 の実施の形態の要部側断面図である。ロータ突極 4 の先端部に突部 6 を設けることは前記までの実施の形態と同様であるが、この突部 6 とロータ突極 4 との軸側の接続部分の角度をなだらかにするように、角部 12 を太く形成している。ステ

ータ突極 3 より流出した磁束は、ロータ突極 4 先端に設けた突部 6 よりロータ 1 の内部へ流入し、ロータ 1 本体内部を通過していく。この際、角部 12 では、磁束が急激に曲げられ、この点における磁束密度が局所的に上昇する。したがって、磁束の飽和が、高速、高トルク回転時に巻線 5 への通電電流を増加させた際に生じ、トルクが減少する。そこで、図 13 のように角部 12 を太くした形状にすると、この部分を通過する磁束の集中が大幅に改善され、トルクの減少が緩和される。図 14 は、磁界解析による磁束線図を示している。図 14 より、ロータ突極 4 先端に設けた突部 6 の軸側の根元を太くしたので、角部 12 における磁束の集中が緩和されているのがわかる。

【0035】以上のようなロータ突極の先端外周へ回転方向に延長する突部を設けた結果、ロータ位置の検出が容易になる。図 15 は、この場合の巻線電流とロータ回転角度との関係の特性を示す図である。定電圧パルスが印加されているときの状態であって、実線は本発明によるロータを使用した場合の特性であり、点線は図 16 のような従来型のロータを使用した場合の特性である。図 15 に示されるように、ロータ突極とステータ突極との対向開始初期におけるステータの巻線に生ずる電流変化が従来よりも急激に変化する。従来は、この電流変化を検知してロータ 1 を検出するときに電流変化が少なく、SR モータの制御には適切でなかったが、本発明によれば、検出精度が大幅に向上できるから、センサレス制御方式に使用可能となり、モータ効率の向上に大きく寄与することができる。

【0036】今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【0037】

【発明の効果】以上のように、本発明によると、ロータ突極先端部回転周方向に設けた突部面より磁束が集中的に流入し、トルク発生に寄与する磁束の周方向成分が増加するため、回転トルクが向上する。

【0038】ロータ突極先端部に設ける突部の突出長さ と高さを適切に選定することにより、磁束量が増加した場合でも磁束が飽和することなく、したがって出力トルクの増大が図れる。突部内を流入する磁束量が磁束の集中を緩和する効果があり、通電電流を高くした際の発生トルクを向上できる。

【0039】ロータ突極先端周方向に延長した突部の長さを回転軸方向で変化させた形状にすると、トルク変動成分を抑制することができる。

【0040】ロータ突極先端周方向へ突部を設けるとともに、ステータ突極先端にも反回転周方向へ突部を設

け、ステータと対向する側のロータ表面へ流入する磁束角度を周方向へ偏向させることにより、回転トルクを増加させる。

【0041】ステータとの対向側外周面および突部を有する側壁側表面を除いたロータ表面を非磁性体で被覆したため、ステータから発生した磁束は、非磁性体を被覆しない表面から多く流入するようになり、特に、ロータ先端周方向突部より流入する磁束成分の増加により、回転トルクの向上が達成できる。

【0042】ロータ突極先端周方向へ延長した突部において、その根元部の高さを高くして、流入磁束が抵抗なくその流れ方向をロータ突極へ偏向できるようにすることにより、ロータ内部の磁束流れが円滑になり、通電電流を大きくした際でも、ロータ内部での磁気飽和が緩和され、同一通電電流におけるロータ内へ流入する磁束密度が増加するため、回転トルクを増加できる。

【0043】ロータ突極の先端周方向へ突部を設けることによりロータ突極とステータ突極との対向開始初期におけるステータの巻線に生じる電流変化が従来よりも急激に変化するため、この電流変化を直接検知してロータ位置を検出することができる。従来までのセンサレス制御方式に比し、検出精度が大幅に向上でき、電流に重畳するリップルの影響も少ないことより、これらノイズをカットする回路も不要となり、簡単な回路構成で高精度のセンサレス制御を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の断面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態における要部断面図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態におけるロータ突極とステータ突極とが非対向位置にある場合の磁束線図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態におけるロータ突極とステータ突極とが対向を開始した場合の磁束線図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態の要部断面図であ

る。

【図6】図5の場合の磁束線図である。

【図7】突部の縦横比とトルク比の関係を示す図である。

【図8】突部の高さでロータ突極の高さとの比とトルク比との関係を示す図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態における突部の軸方向の横断面図である。

【図10】本発明の第4の実施の形態の要部断面図である。

【図11】図10の場合の磁束線図である。

【図12】本発明の第5の実施の形態の要部断面図である。

【図13】本発明の第6の実施の形態の要部断面図である。

【図14】図13の場合の磁束線図である。

【図15】本発明のロータ使用時における巻線電流変化を示す図である。

【図16】従来のSRモータの断面図である。

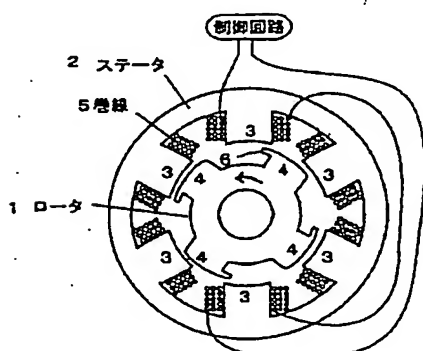
【図17】従来のSRモータのロータに発生するトルクの説明図である。

【図18】図17の場合の磁束線図の例である。

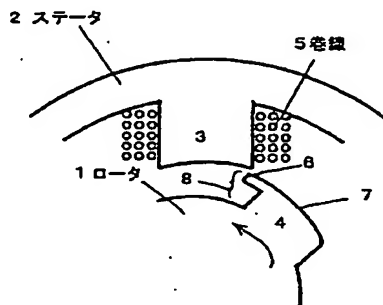
【符号の説明】

- 1 ロータ
- 2 ステータ
- 3 ステータ突極
- 4 ロータ突極
- 5 励磁巻線
- 6 突部（ロータ突極先端）
- 7 ロータ突極外周面
- 8 ロータ突極側壁面
- 9 突部幅
- 10 突部（ステータ突極先端）
- 11 非磁性体
- 12 角部
- 13 制御回路

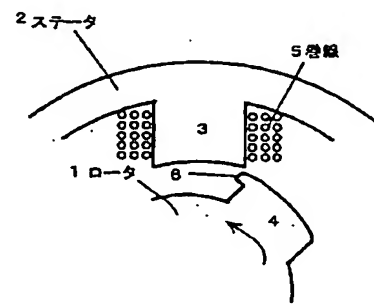
【図1】



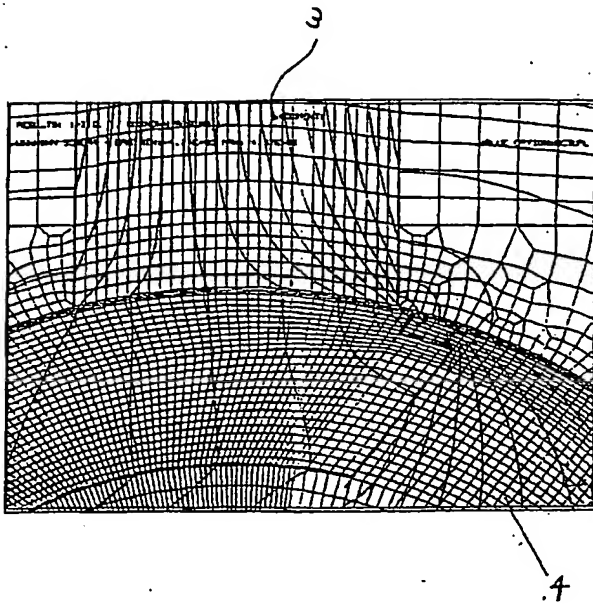
【図2】



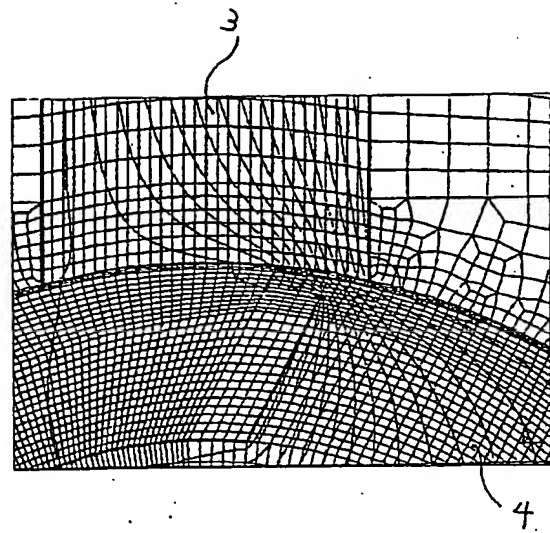
【図5】



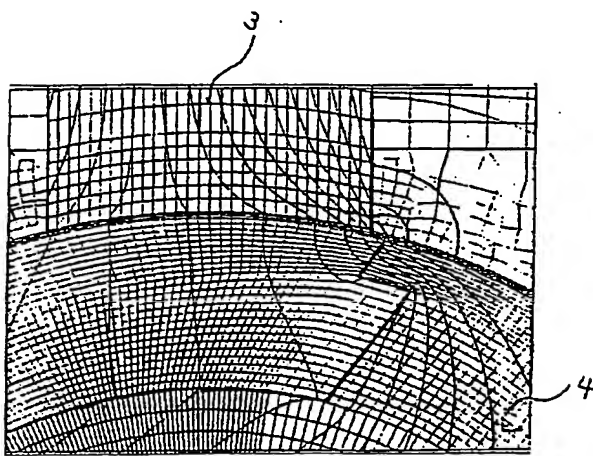
【図3】



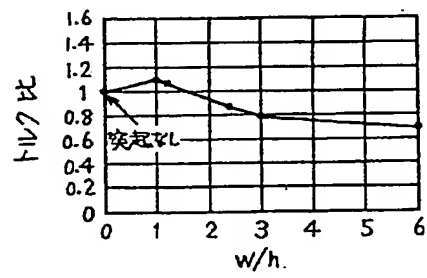
【図4】



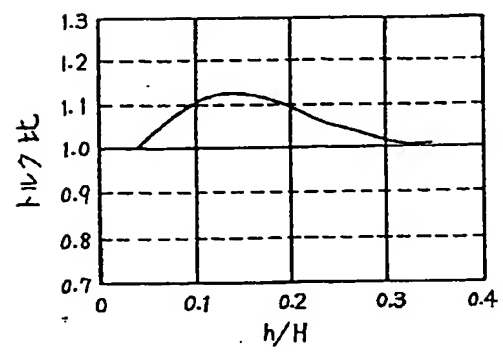
【図6】



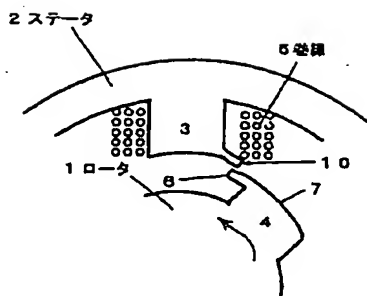
【図7】



【図8】

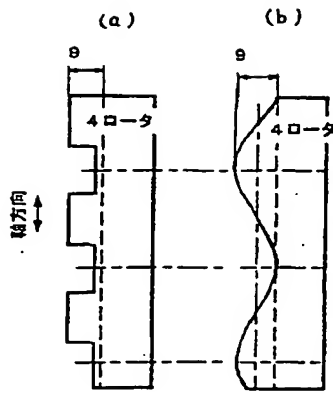


【図10】

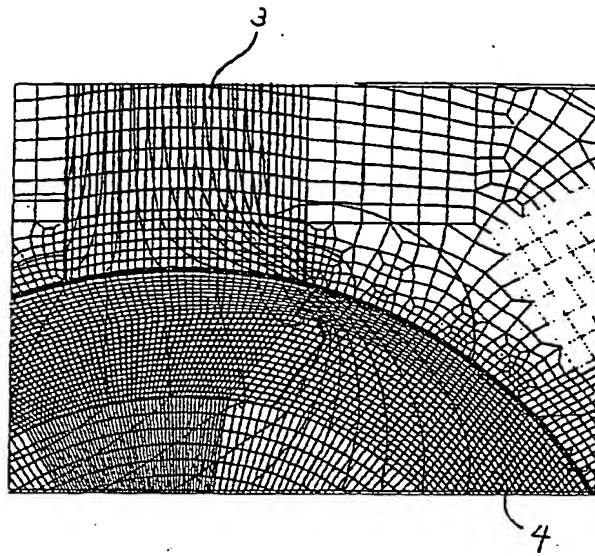




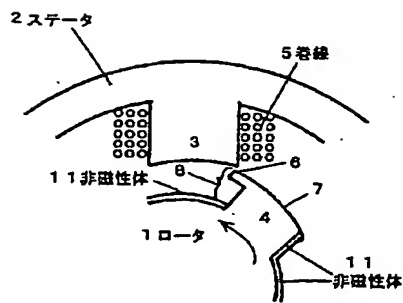
【図9】



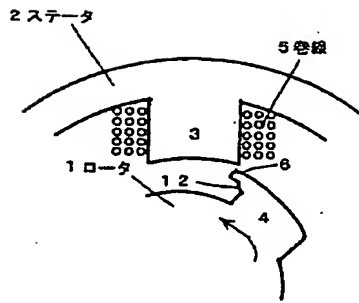
【図11】



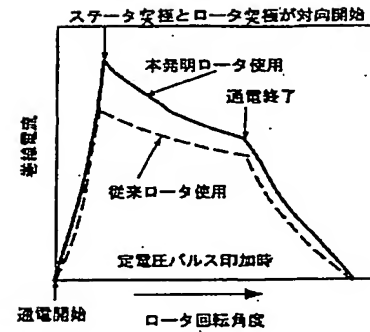
【図12】



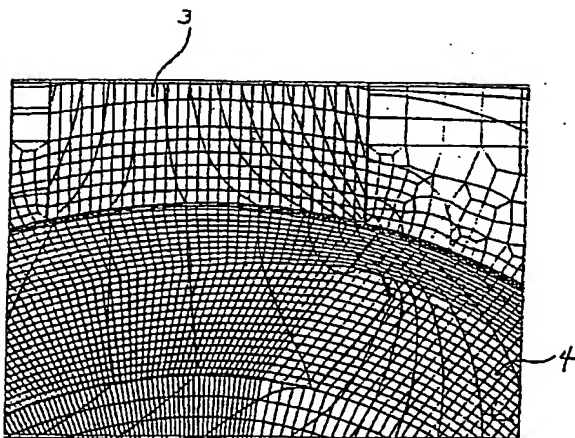
【図13】



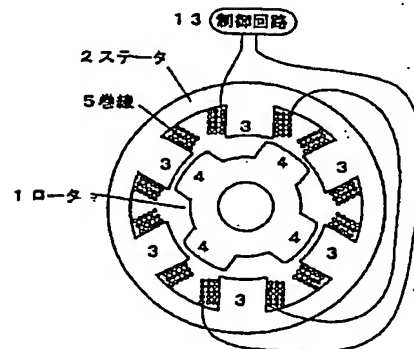
【図15】



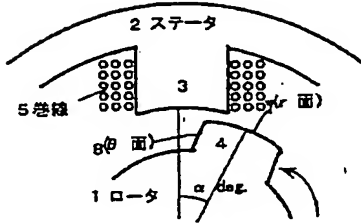
【図14】



【図16】



【図17】



【図18】

